心理科学进展 2019, Vol. 27, No. 1, 20–26
Advances in Psychological Science DOI: 10.3724/SP.J.1042.2019.00020

发展性阅读障碍的视觉注意广度技能*

赵 婧

(首都师范大学心理学院，北京市"学习与认知"重点实验室，北京 100037)

摘 要 发展性阅读障碍在许多任务中都出现同时性加工多个视觉刺激的困难，即视觉注意广度缺陷。本文分别综述了国内外探查阅读障碍视觉注意广度的研究。目前，相关研究结果仍存争议，这可能与背景语言的正字法深度以及被试年龄发展差异有关。未来研究还需利用干预、跨语言比较等方法进一步探讨阅读障碍与视觉注意广度之间的关系，并结合脑电、脑成像技术探究汉语阅读障碍视觉注意广度的内在神经机制。

关键词 视觉注意广度；汉语阅读；发展性阅读障碍；正字法深度

分类号 B842

为建设学习型社会，提高国民科学文化素养，政府正在大力倡导"全民阅读"。然而在阅读习得过程中，一些个体直至成人也未能达到正常阅读水平，表现出发展性阅读障碍(Developmental Dyslexia，以下简称 DD)。世界卫生组织 ICD-10 将发展性阅读障碍定义为个体在一般智力、动机、生活环境和教育条件等方面与其它个体没有明显差异，也没有明显的视力、听力、神经系统的损伤，但其阅读成绩明显低于同龄人平均水平(World Health Organization, 1993)。DD 在人群中的比例约为 5%~17% (黄晨，赵婧, 2018; Cao et al., 2017)，其作为一种常见的学习困难会显著影响个体的学习效率和生活质量。以往大量研究已对 DD 的致病机理进行了行为和神经机制层面的探究。其中，值得注意的是，阅读障碍者在许多任务中都较一致地表现出同时性加工多个视觉刺激的困难(e.g. Bosse, Tainturier, & Valdois, 2007; Lobier, Zoubrinetzky, & Valdois, 2012; Valdois et al., 2014)。Bosse 等人(2007)认为这一视觉加工过程反映的是视觉注意广度方面的能力，并据此提出了阅读障碍的视觉注意广度缺陷理论。该理论认为 DD 的核心问题在其视觉注意广度上。以往研究发现，有约 51%的阅读障碍者表现出视觉注意广度缺陷(Zoubrinetzky, Bielle, & Valdois, 2014)，且流畅阅读过程涉及快速同时加工多个视觉字符，视觉注意广度缺陷会阻碍文字字形快速解码过程进而降低阅读效率(Lallier & Carreiras, 2017)。因此，许多研究者对阅读障碍者的视觉注意广度技能进行探究，这一方面的研究已成为相关领域的研究热点之一(e.g. Zoubrinetzky, Collet, Serniclaes, Nguyen-Morel, & Valdois, 2016; Germano et al., 2014; Saksida et al., 2016; Lallier & Carreiras, 2017)。那么，视觉注意广度缺陷与阅读困难的关系到底如何？视觉注意广度对阅读过程的可能影响机制是怎样的？并且，鉴于视觉注意广度与文字字形的整体加工和基于整体词汇通路的形义匹配过程密切相关(van den Boer, Bergen, & de Jong, 2014; Zhao, Liu, Liu, & Huang, 2017)，而视觉整体分析、形义匹配技能对汉语阅读过程有着显著的意义(Liu, Chen, & Chung, 2015)，视觉注意广度则可能在汉语阅读发展中发挥持续性的重要作用(Zhao et al., 2017)。那么，汉语发展性阅读障碍的视觉注意广度如何？是否会有相应的语言特异性表现出来？下面将先梳理国内外探查阅读障碍者视觉注意广度的研究，并在此基础上提出以往研究的不足以及未来研究的方向。

1 拼音文字背景下发展性阅读障碍者视觉注意广度的研究

1.1 发现阅读障碍视觉注意广度存在缺陷的研究

Valdois 等人(2003)最早采用全部/部分报告法

收稿日期：2018-04-16
* 国家自然科学基金项目(31500903)。
通信作者：赵婧, E-mail: conanzj@126.com

探查两位患有阅读障碍的法语青少年(13、14 岁左右)的视觉注意广度技能。他们的研究以五个字母组成的无意义字符串作为刺激材料，刺激快速呈现 200 ms 以避免眼球转动，之后要求被试出声报告全部呈现的字母(不要求顺序，此为全部报告法任务)或说出线索位置处的特定字母(此为部分报告法任务)。结果表明，其中一位阅读障碍者在全部和部分报告法任务下的反应正确率均显著低于同年龄正常阅读者，表现出视觉注意广度缺陷。之后的研究者进一步扩大被试量，采用相同的视觉任务，在有阅读障碍的法语、英语、葡萄牙语儿童中(10 岁左右)均发现了视觉注意广度缺陷(Bosse et al., 2007; Germano et al., 2014; Zoubrinetzky et al., 2016)。然而，有研究者指出，关于视觉注意广度的测查任务是出声报告且加工的目标刺激是字母，这其中涉及到语言加工过程，所以阅读障碍最后表现的缺陷很可能不是视觉注意的问题而是形音转换的问题(Ziegler, Pech-Georgel, Dufau, & Grainger, 2010)。Lobier 等人(2012)基于全部报告法范式进行调整，以图形非言语材料作为目标刺激，并结合类别辨别任务进行非言语反应，以此来测查视觉注意广度，其研究在排除了可能的语言因素干扰的基础上，仍发现法语阅读障碍儿童在该任务上的行为表现显著落后于同年龄正常阅读者，说明阅读障碍者存在视觉注意广度缺陷。

为了深入探究阅读障碍的致病机理，有研究者结合功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, 以下简称 fMRI)技术考察阅读障碍者视觉注意广度的相关脑机制(Peyrin et al., 2011, 2012; Reilhac, Peyrin, Démonet & Valdois, 2013; Lobier, Peyrin, Pichat, Le Bas & Valdois, 2014)。Peyrin 等人(2012)的 fMRI 研究采用与视觉注意广度密切相关的视觉分类任务，比较了一名存在视觉注意广度缺陷的法语阅读障碍成人与 40 名同年龄正常阅读者之间的脑功能差异。结果显示，该成人阅读障碍者在加工多个视觉刺激时，在双侧顶上小叶和左侧缘上回的激活强度显著低于对照组。之后的研究采用视觉分类任务和基于全部报告法修改的知觉匹配任务在较大样本量的法语阅读障碍成人(Reilhac et al., 2013)和儿童(Peyrin et al., 2011)中均发现了类似的研究结果，即，阅读障碍者在顶上小叶的激活强度低于同年龄正常阅读者。为了进一步排除语言因素的可能影响，Lobier 等人(2014)采用以非言语材料作为刺激的视觉分类任务探查 12 名具有视觉注意广度缺陷的法语阅读障碍成人的相关神经活动特点。他们的研究结果与之前的研究结果类似，也显示出阅读障碍者在双侧顶上小叶的激活强度低于同年龄正常阅读者。鉴于顶上小叶主要与空间注意、眼动控制有关 (Blythe, Häikiö, Bertam, Liversedge, & Hyönä, 2011)，因此，以上研究发现为阅读障碍者的视觉注意广度缺陷提供了神经层面的证据。

同时，已有研究进一步探究视觉注意广度缺陷与阅读困难之间的可能因果关系。Costanzo, Menghini, Caltagirone, Oliveri 和 Vicari (2013)发现高频重复性地经颅磁刺激作用于阅读障碍成人的双侧顶叶区域可提高其非词阅读准确性。一项针对一名具有视觉注意广度缺陷的法语阅读障碍女童的个案研究(Valdois et al., 2014)发现，对其进行持续 6 周(3 小时/周)的视觉空间注意训练(包括视觉注意广度、视觉搜索、视觉匹配和视觉解析)，可在行为层面增大阅读障碍者的视觉注意广度，提高其阅读速度；在脑机制层面增强其双侧顶叶的激活强度。视觉空间注意的一项重要反映指标就是视觉注意广度(黄晨，赵婧，2018)，因此以上结果均在一定程度上为视觉注意广度缺陷与阅读障碍的因果关系提供了支持性证据。最近 Valdois 团队的一项研究(Antzaka et al., 2017)发现经常玩动作视频类游戏的成人被试比不玩此类游戏的被试在全部和部分报告法任务下的成绩均更高，说明他们的视觉注意广度技能更强；同时，前者的假词阅读正确性也显著高于后者，并且视觉注意广度技能与其假词阅读正确性显著正相关，该结果在一定程度上也反映了视觉注意广度与阅读(困难)之间存在可能的因果关系。

此外，一些神经机制层面的研究为视觉注意广度缺陷对阅读困难的影响机制提供了可能的解释。已有研究发现，在视觉注意广度任务下，左侧顶叶脑区与左腹侧颞枕联合区表现出显著的功能连接(Lobier et al., 2014)。顶叶区域属于视觉背侧通路，它是人类两条主要的视觉通路之一。另一条通路是腹侧通路，其中包括颞枕联合区，该脑区主要负责视觉字形加工(Dehaene & Cohen, 2011)。视觉刺激输入后，视觉整体信息会通过背侧通路快速向上传递至初级视皮层、顶叶等脑区，

顶叶对视觉刺激会进行整体分析，分析的结果会被进一步快速反馈至腹侧通路，以自上而下引导视觉刺激细节的编码加工过程(Bullier, 2001)。据此可推测，阅读障碍者顶叶注意功能受损，与其功能上有着密切联系的左侧颞枕联合区的活动也会受到消极影响，进而影响字形识别等阅读过程。

1.2 未发现阅读障碍存在视觉注意广度缺陷的研究

然而，也有不一致的研究结果。相关的研究发现阅读障碍者与正常阅读者在视觉注意广度任务上的表现无显著差异(Hawelka & Wimmer, 2008; Yeari, Isser, & Schiff, 2017)。Hawelka 和 Wimmer (2008)分别以字母、数字和图形作为刺激，采用改变刺激呈现时间的部分报告法任务测查个体辨别目标序列中各个位置上刺激所对应的时间阈限。其研究发现，当刺激是字母和数字时，德语阅读障碍成人在各个位置上的辨别时间阈限均显著长于同年龄正常阅读者；但当刺激是图形时，无显著组别差异。研究者认为阅读障碍在该任务上的缺陷仍反映的是语言方面的问题，其基础视觉注意能力没有受损。但由于该研究最后测得的时间阈限都超过了 600 ms，已远超 Valdois 等人研究中常用的刺激呈现时间 200ms，这样过长的刺激呈现时间可能会带来多余的眼球运动等其他认知过程，并进而影响研究结果。Yeari 等人(2017)的研究结果显示，希伯来语阅读障碍成人在全部和部分报告法任务下的刺激识别敏感性均与控制组无显著差异。有研究者指出视觉注意广度会受到语言正字法深度的影响(Awadh et al., 2016)。据此可推测，以往不一致的研究结果可能与不同研究中语言背景的正字法深度(即字形与语音对应关系的一致性程度，正字法深度越浅则形音对应关系越一致)差异有关。在发现阅读障碍者存在视觉注意广度缺陷的研究中，其背景语言的正字法深度是深层或中等深度(如法语、英语)；而未发现阅读障碍者有视觉注意广度缺陷的研究对应的背景语言经常具有浅层正字法深度(如德语、希伯来语)。正字法深度会对阅读策略的发展模式产生一定影响(Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001)。在浅层正字法深度的语言中，读者倾向于使用基于形音对应规则的亚词汇通路策略进行逐字母拼读，进而使得在阅读过程中编码加工的正字法单元较小。而相反地，在深层正字法语言中，包含更多字母的较大的正字法单元的读音相对于较小正字法单元而言会更具有一致性，因此读者在阅读过程中偏好采用基于词汇通路的整词阅读策略(Ziegler & Goswami, 2005)。由此可推测，视觉注意广度也会受到正字法深度的调节和影响，视觉注意广度可能在具有深层正字法深度的语言加工中发挥着更显著的作用。最近，一项跨语言的研究结果(Awadh et al., 2016)支持了以上推论。Awadh 等人(2016)对比了阿拉伯语、法语和西班牙语成人的视觉注意广度技能。他们的研究结果表明，只有法语成人的视觉注意广度与出声阅读流畅性显著相关，其中法语比其他两种语言具有更深的正字法深度。此研究发现说明，视觉注意广度与深层正字法深度语言背景下的阅读技能更密切相关。并且，在具有深层正字法深度的语言背景下，由于平时阅读过程中经常加工较大的正字法单元，所以其中读者的视觉注意广度技能会比浅层正字法深度语言背景下的读者更好。因此，相应的阅读障碍的视觉注意广度缺陷可能也会在深层正字法深度的语言背景中更显著的表现出来；而在浅层正字法深度的背景语言中，可能阅读障碍者和正常阅读者的视觉注意广度都偏小，因此组别差异不容易显著表现。但以上推论仍有待于在进一步研究(特别是在深层正字法语言背景下的研究)中加以明确。

同时，另一个需要考虑的影响视觉注意广度的重要因素是年龄发展。特别是在具有深层正字法深度的背景语言的阅读发展过程中，个体在早期发展阶段主要依赖于亚词汇拼读策略进行阅读；而随着年龄增长，其阅读策略逐渐转变为主要依靠整词通路进行阅读(Coltheart et al., 2001)。鉴于视觉注意广度在基于整词通路的阅读策略中的作用比基于亚词汇通路的编码过程中的作用更显著(Lallier & Carreiras, 2017)，据此可推测视觉注意广度在深层正字法语言背景下的阅读发展晚期发挥的作用可能更明显，这个推论在 Bosse 和 Valdois (2009)进行的一项横断发展研究中得到了支持。他们的研究发现视觉注意广度技能在法语阅读中的作用呈现出随年龄逐渐增强的发展趋势。那么，阅读障碍者的视觉注意广度技能具有怎样的发展模式呢？鉴于视觉注意广度在整词通路中发挥着更显著的作用，处于深层正字法语言背景下的阅读障碍者的视觉注意广度缺陷是否会

在晚期发展阶段更加明显呢？以上这些问题仍有待之后的研究加以探查。

2　汉语背景下发展性阅读障碍者视觉注意广度的研究

不同于拼音文字，汉语缺乏形音对应规则并具有很深的正字法深度。同时，汉字视觉字形结构复杂，对汉字字形进行有效且准确的视觉编码是之后进一步的形音匹配、形义匹配等高级语言加工过程的前提和基础(Liu et al., 2015)。并且，汉语属于无切分文本，在阅读汉语文本时，清晰的辨别词边界可保证有效地对文本信息空间位置编码和流畅阅读过程(Liu et al., 2015)。由此可知视觉空间加工与汉语阅读过程密切相关。以往研究也发现了视觉注意广度在汉语阅读过程中发挥着重要的作用(Zhao et al., 2017)。那么，不同年龄段汉语阅读障碍者的视觉注意广度表现具体如何？其发展趋势是否会与基于深层正字法深度的拼音文字背景下的预期一致，即在阅读发展早期视觉注意广度缺陷不显著，在发展晚期才显现呢？亦或是表现出汉语特异性，在早期发展阶段也表现出显著的视觉注意广度缺陷？鉴于视觉空间注意可能也会在整字水平的形音匹配过程中发挥作用(Ben-Shachar, Dougherty, Deutsch, & Wandell, 2007)，而视觉注意广度是视觉空间注意的重要反映指标之一(Bosse et al., 2007；黄晨，赵婧, 2018)，那么在汉语阅读发展的早期，视觉注意广度是否会对中介于拼音进行的整字通路的形音匹配过程产生一定影响并与阅读产生紧密联系，进而使得处于发展早期的汉语阅读障碍儿童表现出显著的视觉注意广度缺陷呢？

目前，探究视觉注意广度与汉语阅读(困难)之间关系的研究也较为欠缺。米晓丽(2016)采用出声全部/部分报告法测查小学二至五年级汉语阅读障碍儿童的视觉注意广度，其中的目标刺激是 5 个高频汉字。研究结果显示，汉语阅读障碍儿童的视觉注意广度测试成绩与同年龄正常阅读者无显著差异。研究者认为汉语阅读障碍儿童的视觉注意广度无明显缺陷。然而以上研究的被试是选取自小学二至五年级，年龄跨度较大，这可能会带来被试年龄发展变化对结果的额外影响。之后有研究者通过汉语流畅阅读测试从 66 名初二学生中筛选出 14 名流畅阅读困难儿童，并采用以非言语图形材料作为刺激的视觉图形识别(visual 1-back)任务测查视觉注意广度。结果显示，流畅阅读困难儿童在该视觉任务上的正确率显著低于同年龄控制组儿童；而且流畅阅读困难儿童的视觉注意分布模式呈现 W 型，而正常阅读者呈倒 U 型，说明前者的视觉注意广度更狭窄。以上结果说明汉语流畅阅读困难儿童存在视觉注意广度缺陷(Zhao, Liu, Liu, & Huang, 2018a)。为了进一步直接探查汉语阅读障碍者视觉注意广度的发展模式，Zhao，Liu，Liu 和 Huang (2018b)同时在小学低、中、高年级中比较了阅读障碍儿童和同年龄正常阅读者的视觉注意广度技能。结果表明小学中、低年级阅读障碍儿童的视觉注意广度测试成绩与同年龄正常阅读者无显著差异；而小学高年级阅读障碍儿童表现出显著的视觉注意广度缺陷。之后，研究者在每个年龄段内进行偏差分析以筛选出有视觉注意广度缺陷的个体，结果表明小学中、低年级中也有阅读障碍儿童存在视觉注意广度缺陷，但人数比例偏低(低年级阅读障碍者：10%；中年级阅读障碍者：5.26%)，而高年级阅读障碍者中存在视觉注意广度缺陷的较多(38.89%)。以上结果反映了汉语阅读障碍者的视觉注意广度缺陷可能表现出发展性增强的趋势，这与基于深层正字法深度的拼音文字背景下的预期一致。并且 Zhao 等人(2018b)进一步采用发展轨迹分析方法(developmental trajectory method)发现，阅读障碍者视觉注意广度的这种发展模式是异常的发展趋势而非发展滞后。那么这种异常发展的视觉注意技能与阅读困难之间是否存在因果关系？这仍有待于进一步研究加以明确。

3　展望与小结

从以上的综述和分析中可以看出，拼音文字研究已对阅读障碍者的视觉注意广度进行了大量的探究。有些研究发现阅读障碍者存在视觉注意广度缺陷，并且进行视觉注意广度相关的训练能提高其阅读能力。然而，目前研究结果仍存在争议。不一致的研究结果可能受到被试年龄与背景语言正字法深度的影响。相比之下，汉语的相关研究仍较为欠缺，且仅有的研究结果还不完全一致。未来我们可从以下几方面进一步对汉语发展性阅读障碍的视觉注意广度进行系统研究。

第一，对汉语阅读障碍视觉注意广度进行干

预训练研究，以探查视觉注意广度与汉语阅读困难的可能因果关系。目前在汉语背景下，还未见直接基于视觉注意广度进行的相关干预研究。鉴于视觉注意广度属于视觉空间注意范畴(Bosse et al., 2007; 黄晨，赵婧，2018)，以往关于汉语阅读障碍的视觉空间注意训练的研究为此提供了一定的理论启示。在前期干预研究中，Meng 及其同事(Meng, Lin, Wang, Jiang, & Song, 2014; Wang et al., 2014)采用视觉搜索任务(即要求被试在刺激背景中搜索 L 或 T)对一部分被试的视知觉能力进行了为期 4 周的训练，结果发现，训练组阅读障碍儿童的阅读流畅性能力、汉字识别准确性均得到明显改善，而未经训练的阅读障碍儿童则没有明显变化。该结果反映出视觉空间注意缺陷与阅读障碍之间的可能因果关系。在 Qian 和 Bi (2015)研究中，采用与视觉空间注意密切相关的视觉搜索、视觉追踪任务，对 28 名三至五年级小学生(阅读障碍训练组 8 名、阅读障碍非训练组 9 名、以及同年龄控制组 11 名)进行为期 5 周(2 次/周、1 小时/次)的训练。该研究结果显示，训练组后测的快速命名成绩显著高于前测，但另外两组被试的快速命名成绩也出现了类似的增长。研究者指出这种结果可能与他们被试样本量小、训练周期短等因素有关，同时也可能与被试年龄、语言特异性和阅读障碍的群体异质性有关。因此，今后探查阅读障碍与视觉注意广度缺陷之间因果关系的研究可以在充足样本量的前提下，在不同年龄段的汉语阅读障碍者中比较其视觉注意广度和各水平阅读技能的训练效果。

第二，在不同正字法深度背景语言下开展阅读障碍视觉注意广度技能的跨语言研究。以往研究结果表明，视觉注意广度与阅读过程的关系可能会受到背景语言正字法深度的调节(Lallier & Carreiras, 2017; Lallier, Acha, & Carreiras, 2016)。在浅层正字法语言中，由于形音一致性程度高，读者常采用亚词汇通路的逐字母拼读策略进行阅读，与此相应的是较小的正字法单位，只需较小的视觉注意广度即可进行流畅阅读；而在深度正字法文字阅读过程中，读者往往使用整词阅读策略，这对应着较大的正字法单位，需要较大的视觉注意广度。因此，未来研究可以通过比较不同正字法深度背景语言下阅读障碍者的视觉注意广度技能，以此来揭示不同语言特性对视觉注意广度的可能影响。

第三，采用事件相关电位、脑成像等技术，探讨汉语发展性阅读障碍视觉注意广度的内在神经机制。汉语阅读障碍者与阅读相关的神经机制存在语言特异性，如其语音加工缺陷主要表现在与整字字形到音节语音通达有关的左侧额中回的功能和结构异常，不同于拼音文字背景下阅读障碍者在左侧额下回的结构和功能异常(赵婧，张逸玮，毕鸿燕，2015)。特别是在阅读的早期视觉解码过程中，由于汉字不同于线性拼音文字，其具有复杂的视觉字形结构，汉字字形的整体视空加工在汉语阅读发展中所起的作用比在拼音文字阅读中更大(Wang et al., 2014)。而且已有研究也发现了汉语阅读障碍者字形整体视觉加工缺陷相关神经机制的语言特异性，即其相比于正常阅读者表现出在双侧颞枕区的激活异常(Cao et al., 2017)；相比之下，拼音文字背景下的阅读障碍者的视觉字形解码缺陷主要体现的是左侧化的神经活动特点(Paulesu et al., 2001)。那么，在视觉注意广度这一参与阅读早期视觉编码过程的基础认知技能上，汉语阅读障碍者表现出的相应神经活动特性(包括相关脑电成分、脑区激活以及与其他相关脑区的功能连接情况等)是与拼音文字相关研究发现相似，表现出跨语言一致性？还是会表现出汉语特异性？这仍需进一步研究加以明确。

第四，以往相关研究大多是对视觉注意广度进行整体性考察，对其内在机制方面的研究仍较为欠缺。在多动症，轻度认知障碍等临床研究中，有研究者根据 Bundesen 及其同事(1990, 2005)提出的视觉注意理论，采用基于参数估计的方法将视觉注意分离成几种相互独立的子成分，以进一步深入细致的探究相关视觉注意缺陷的内在机制(Habekost, 2015)。那么，是否可以通过此类方法来揭示阅读障碍视觉注意广度缺陷的内在本质呢？对此问题进行探究将有助于加深对阅读障碍致病机理的了解；同时，也为汉语发展性阅读障碍的早期鉴别和非语言干预等提供新的思考角度。

参考文献

黄晨，赵婧. (2018). 发展性阅读障碍的视觉空间注意加工能力. *心理科学进展*, *26*(1), 72–80.

米晓丽. (2016). *汉语发展性阅读障碍儿童视觉注意力研*

究(硕士学位论文). 新疆师范大学.
赵婧, 张逸玮, 毕鸿燕. (2015). 汉语发展性阅读障碍缺陷的神经机制. *中华行为医学与脑科学杂志*, *24*(11), 1045–1048.
Antzaka, A., Lallier, M., Meyer, S., Diard, J., Carreiras, M., & Valdois, S. (2017). Enhancing reading performance through action video games: The role of visual attention span. *Scientific Reports*, 7, 14563.
Awadh, F. H. R., Phénix, T., Antzaka, A., Lallier, M., Carreiras, M., & Valdois, S. (2016). Cross-language modulation of visual attention span: An Arabic-French-Spanish comparison in skilled adult readers. *Frontiers in Psychology*, *7*, 307.
Ben-Shachar, M., Dougherty, R. F., Deutsch, G. K., & Wandell, B. A. (2007). Contrast responsivity in MT+ correlates with phonological awareness and reading measures in children. *NeuroImage*, *37*(4), 1396–1406.
Blythe, H. I., Häikiö, T., Bertam, R., Liversedge, S. P., & Hyönä, J. (2011). Reading disappearing text: Why do children refixate words? *Vision Research, 51*(1), 84–92.
Bosse, M. L., & Valdois, S. (2009). Influence of the visual attention span on child reading performance: A cross-sectional study. *Journal of Research in Reading*, *32*(2), 230–253.
Bosse, M. L., Tainturier, M. J., & Valdois, S. (2007). Developmental dyslexia: The visual attention span deficit hypothesis. *Cognition*, *104*(2), 198–230.
Bullier, J. (2001). Integrated model of visual processing. *Brain Research Reviews*, *36*(2-3), 96–107.
Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, *97*(4), 523–547.
Bundesen, C., Habekost, T., & Kyllingsbæk, S. (2005). A neural theory of visual attention. Bridging cognition and neurophysiology. *Psychological Review*, *112*(2), 291–328.
Cao, F., Yan, X., Wang, Z., Liu, Y. N., Wang, J., Spray, G. J., & Deng, Y. (2017). Neural signatures of phonological deficits in Chinese developmental dyslexia. *NeuroImage*, *146*, 301–311.
Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, *108*(1), 204–256.
Costanzo, F., Menghini, D., Caltagirone, C., Oliveri, M., & Vicari, S. (2013). How to improve reading skills in dyslexics: The effect of high frequency rTMS. *Neuropsychologia*, *51*(14), 2953–2959.
Dehaene, S., and Cohen, L. (2011). The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*(6), 254–262.
Germano, G. D., Reilhac, C., Capellini, S. A. & Valdois, S. (2014). The phonological and visual basis of developmental dyslexia in Brazilian Portuguese reading children. *Frontiers in Psychology*, *5*, 1169.
Habekost, T. (2015). Clinical TVA-based studies: A general review. *Frontiers in Psychology*, *6*, 290.
Hawelka, S. & Wimmer, H. (2008). Visual target detection is not impaired in dyslexic readers. *Vision Research*, *48*(6), 850–852.
Lallier, M., & Carreiras, M. (2017) Cross-linguistic transfer in bilinguals reading in two alphabetic orthographies: The grain size accommodation hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(1), 386–401.
Lallier, M., Acha, J. & Carreiras, M. (2016). Cross-linguistic interactions influence reading development in bilinguals: A comparison between early balanced French-Basque and Spanish-Basque bilingual children. *Developmental Science*, *19*(1), 76–89.
Liu, D., Chen, X., & Chung, K. K. H. (2015). Performance in a visual search task uniquely predicts reading abilities in third-grade Hong Kong Chinese children. *Scientific Studies of Reading*, *19*(4), 307–324.
Lobier, M. A., Peyrin, C., Pichat, C., Le, B. J. F., & Valdois, S. (2014). Visual processing of multiple elements in the dyslexic brain: Evidence for a superior parietal dysfunction. *Frontiers in Human Neuroscience*, *8*, 479.
Lobier, M., Zoubrinetzky, R., & Valdois, S. (2012). The visual attention span deficit in dyslexia is visual and not verbal. *Cortex*, *48*(6), 768–773.
Meng, X., Lin, O., Wang, F., Jiang, Y., & Song, Y. (2014). Reading performance is enhanced by visual texture discrimination training in Chinese-speaking children with developmental dyslexia. *PLoS One*, *9*(9), e108274.
Paulesu, E., Démonet, J. F., Fazio, F., McCrory, E., Chanoine, V., Brunswick, N., … Frith, U. (2001). Dyslexia: Cultural diversity and biological unity. *Science*, *291* (5511), 2165–2167.
Peyrin, C., Démonet, J. F., Guyen-Morel, M. A., Le Bas, J. F. & Valdois, S. (2011). Superior parietal lobule dysfunction in a homogeneous group of dyslexic children with a visual attention span disorder. *Brain & Language*, *118*(3), 128–138.
Peyrin, C., Lallier, M., Démonet, J. F., Pernet, C., Baciu, M., Le Bas, J. F., & Valdois, S. (2012). Neural dissociation of phonological and visual attention span disorders in developmental dyslexia: FMRI evidence from two case reports. *Brain and Language*. *120*(3), 381–394.
Qian, Y., & Bi, H. Y. (2015). The effect of magnocellular-based visual-motor intervention on Chinese children with developmental dyslexia. *Frontiers in Psychology*, *6*, 1529.
Reilhac, C., Peyrin, C., Demonet, J. F. & Valdois, S. (2013). Role of the superior parietal lobules in letter-identity processing within strings: FMRI evidence from skilled and dyslexic readers. *Neuropsychologia*, *51*(4), 601–612.

Saksida, A., Iannuzzi, S., Bogliotti, C., Chaix, Y., Demonet, J. F., Bricoout, L.,... Ramus, F.. (2016). Phonological skills, visual attention span, and visual stress in developmental dyslexia. *Developmental Psychology*, *52*(10), 1503–1516.

Valdois, S., Bosse, M. L., Ans, B., Carbonnel, S., Zorman, M., Davvid, D., & Pellat, J. (2003). Phonological and visual processing deficits can dissociate in developmental dyslexia: Evidence from two case studies. *Reading and Writing*, *16*(6), 541–572.

Valdois, S., Peyrin, C., Lassus-Sangosse, D., Lallier, M., Démonet, J. F. & Kandel, S. (2014). Dyslexia in a Frenche-Spanish bilingual girl: Behavioural and neural modulations following a visual attention span intervention. *Cortex*, *53*, 120–145.

van den Boer, M., Bergen, E. & de Jong, P. F. (2014). Underlying skills of oral and silent reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, *128*, 138–151.

Wang, Z. K., Cheng-Lai, A., Song, Y., Cutting, L., Jiang, Y. Z., Lin, O.,... Zhou, X. L. (2014). A perceptual learning deficit in Chinese developmental dyslexia as revealed by visual texture discrimination training. *Dyslexia*, *20*(3), 280–296.

World Health Organization. (1993). *The ICD-10 classification of mental and behavioural disorders*. World Health Organization.

Yeari, M., Isser, M., & Schiff, R. (2017). Do dyslexic individuals present a reduced visual attention span? Evidence from visual recognition tasks of non-verbal multi-character arrays. *Annals of Dyslexia*, *67*(2), 128–146

Zhao, J., Kwok, R. K. W., Liu, M., Liu, H., & Huang, C. (2017). Underlying skills of oral and silent reading fluency in Chinese: Perspective of visual rapid processing. *Frontiers in Psychology*, *7*, 2082.

Zhao, J., Liu, M. L., Liu, H. L., & Huang, C. (2018a). The visual attention span deficit in Chinese children with reading fluency difficulty. *Research in Developmental Disabilities*, *73*, 76–86.

Zhao, J., Liu, M. L., Liu, H. L., Huang, C. (2018b). Increased deficit of visual attention span with development in Chinese children with developmental dyslexia. *Scientific Reports*, *8*(1), 3153.

Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., Dufau, S., & Grainger, J. (2010). Rapid processing of letters, digits and symbols: What purely visual-attentional deficit in developmental dyslexia? *Developmental Science*, *13*(4), 8–14.

Ziegler, J. C., & Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, *131* (1), 3–29.

Zoubrinetzky, R., Bielle, F., Valdois, S. (2014) New Insights on developmental dyslexia subtypes: Heterogeneity of mixed reading profiles. *PLoS One*, *9*(6), e99337.

Zoubrinetzky, R., Collet, G., Serniclaes, W., Nguyen-Morel, M. A. & Valdois, S. (2016). Relationships between categorical perception of phonemes, phoneme awareness, and visual attention span in developmental dyslexia. *PLoS One*, *11*(3), e0151015.

Skills of visual attention span in developmental dyslexia

ZHAO Jing

(*Beijing Key Laboratory of Learning and Cognition, School of Psychology, Capital Normal University, Beijing* 100037, *China*)

Abstract: A specific deficit in individuals with developmental dyslexia has been repeatedly found in many tasks that had one aspect in common, that was, the processing of multiple visual elements in parallel. This skill is regarded as the visual attention span. This paper reviews the relevant literature about the visual attention span of the dyslexics in the contexts of alphabetic languages and Chinese. Currently, the relevant findings have been still in debate, and the inconsistent results may be attributed to the differences in orthographic depth of the background language and the participants' ages. Future studies can further explore the relationship between visual attention span and reading disability through the methods of the intervention study and cross-language comparison; meanwhile the neural mechanisms underlying the visual attention span of Chinese individuals with dyslexia could be investigated by the neuroimaging techniques.

Key words: visual attention span; Chinese reading; developmental dyslexia; orthographic depth